

강원도 중왕산 지역 다릅나무 임분의 입지 환경과 성장 특성

이돈구¹ · 권기철^{2*} · 김영수² · 엄태원³

¹서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부, ²국립산림과학원

³상지대학교 생명자원과학대학 산림과학과

Site and Growth Characteristics of *Maackia amurensis* Rupr. et Max. Stand at Mt. Joongwang, Gangwon Province, Korea

Don Koo Lee¹, Ki-Cheol Kwon^{2*}, Young-Soo Kim², and Tae Won Um³

¹Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

²Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

³Department of Forest Sciences, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

요약: 다릅나무 임분의 입지 환경과 해발고에 따른 성장량을 비교하기 위해 강원도 평창군 중왕산에서 30m×30m 크기의 조사구 28곳을 선정해서 식생 및 입지 환경 특성을 조사했다. 또한 해발고가 약 100m 간격으로 있는 5곳의 조사구에서 각 2그루씩 다릅나무를 선발해서 수간석해했다. 다릅나무는 주로 해발 790~1,170m 사이의 북향의 능선 또는 사면에서 출현했다. 다릅나무의 입지는 A층 깊이가 평균 21.2cm로 깊고, A층 수분 함량은 35.6%로 높은 편이며, 토양 비옥도가 낮은 지역이었다. 다릅나무와 함께 중요치가 높은 수종은 신갈나무, 물푸레나무, 당단풍나무, 고로쇠나무, 느릅나무, 피나무, 사시나무 등이었다. 중왕산 지역의 다릅나무림은 TWINSpan에 의해 다릅나무-사시나무 군락, 다릅나무-느릅나무 군락(이상 건조형), 다릅나무-피나무 군락, 다릅나무-쪽동백나무 군락(이상 습윤형)으로 나누어졌다. 군락유형별 ha당 개체수는 습윤형 군락이 건조형 군락보다 많았다. 한편, 다릅나무의 연간 수고 성장량은 10년까지 급격한 증가를 보이다가 점차 감소했으며, 초기 수고 성장이 빨라 초기 침입수종의 성장전략을 보여줬다. 또한 다릅나무는 수령 40년 이상에서도 주변목의 고사로 경쟁이 완화되면 재적 성장량이 크게 증가하는 특성을 보였으며, 수령 50년 이후 경제성 있게 수확할 수 있는 것으로 판단됐다.

Abstract: This study was conducted to investigate the site and growth characteristics of *Maackia amurensis* stand in natural forest of Mt. Joongwang, Pyongchang-Gun, Gangwon-Do, Korea. The 28 sample plots (30 m×30 m) were established to examine the vegetation and site characteristics for *M. amurensis* stand. Stem analysis was performed on two sample trees for each of the 5 plots situated at intervals of 100 m by altitude. *M. amurensis* trees were mainly distributed at the ridge and the slope facing north, with altitudes ranging from 790 to 1,170 m. The *M. amurensis* grew at relatively deep A-layer of soil with high moisture but infertile. Dominant species with *M. amurensis* were *Quercus mongolica*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Acer pseudo-sieboldianum*, *A. pictum* subsp. *mono*, *Ulmus davidiana* var. *japonica*, *Tilia amurensis*, and *Populus davidiana*. TWINSpan classified four communities in Mt. Joongwang area; *M. amurensis*-*P. davidiana* community (xeric type), *M. amurensis*-*U. davidiana* var. *japonica* community (xeric type), *M. amurensis*-*T. amurensis* community (moist type), and *M. amurensis*-*Syrax obassia* community (moist type). According to the community type, trees per ha were more abundant in the area of the moist types than the xeric types. Height growth of *M. amurensis* increased with increasing ages until 10 years, and then decreased thereafter, especially at altitude of 1,020m. *M. amurensis* showed rapid early growth of height and volume, indicating possible high biomass production under enough light. Growth of *M. amurensis* increased greatly at about 40 years if released from severe competitions. The rotation age of natural *M. amurensis* stand was expected for above 50 years.

Key words : altitude, annual increment, growth, *Maackia amurensis*, rotation age, MAI, TWINSpan

*Corresponding author

E-mail: kkch30@yahoo.co.kr

본 논문은 산림청 동부지방산림관리청의 지원에 의한 연구(환경친화적 조림기술과 지속가능한 산림관리 기술 개발 연구) 결과의 일부임

서 론

천연림의 무육과 이용에 대한 관심은 1980년대 중반부터 크게 늘어났으며, 1988년 산지자원화 계획 이후 이제는 중요한 산림시책으로서 다루어지고 있다. 천연림은 인공림에 비해 경제적 가치보다는 환경적, 공익적 가치의 비중이 높은 산림이라 할 수 있다. 따라서 천연림의 무육과 이용을 위한 임업기술은 산림생태계의 본질적인 구조와 기능을 유지할 수 있도록 적용되어야 하며, 이를 위해 입지 환경과 생장 특성에 관한 종합적인 분석이 선행되어야 한다.

각각의 임목들은 입지 환경에 따라 독특한 생장 양상을 보인다(Oliver와 Larson, 1996). 특히 우리나라의 산림처럼 능선, 사면, 계곡의 구분이 뚜렷한 지형은 태양 에너지와 토양 수분 환경에 큰 영향을 미치며, 여기에 따라 수종 구성과 각 수종의 생장 양상이 달라지고 생태적 구조와 천이 양상이 다양하게 변하게 된다(Rowe, 1984; Host 등, 1987). 또한, 일정한 환경 조건 하에서는 숲의 구성과 임분의 생장 특성이 유사한 경향을 보인다(Spurr와 Barnes, 1980).

임분을 잘 관리하기 위해서는 먼저 대상 수종에 대한 적지와 생장 특성을 알아볼 필요가 있다. 우리나라의 천연 활엽수림은 국지적인 기후, 지형, 토양 환경이 복잡하고 분포 수종이 다양해서 적절한 관리 방안을 마련하기가 어렵다. 따라서 이에 대한 지속적이고 체계적인 연구가 필요하다(이돈구 등, 1999).

다릅나무(*Maackia amurensis*)는 콩과식물로서 질소 고정을 하는 낙엽활엽교목이며, 주로 산림 지역의 교란 이후 나타나는 초기 수종이다. 다릅나무는 목재 및 수피의 염료 이용으로 유용한 목재 자원일 뿐만 아니라, 황폐지 복원 시 해발고가 높은 산지에서 이용할 수 있는 유용한 바이오매스 이용 자원이기도 하다. 다릅나무의 생태적 특징은 해발 1,000 m 이상의 비교적 고지대까지 분포하고 있으며, 많은 광을 요구하는 양수이기 때문에 주로 임관이 열린 개방 지역에 군집을 이루며 자라고 있다.

유용 활엽수종의 활용 방안을 강구하기 위해서는 먼저 그 수종의 입지 환경 및 그에 따른 생장 양상을 알아볼 필요가 있으나, 아직 우리나라에서는 층층나무와 거제나무 등 일부 수종에 대해서만 연구됐을 뿐이다(엄태원과 이돈구, 2001; 이돈구 등, 2004). 이에 본 연구의 목적은 강원도 평창군 중왕산 지역에 분포하고 있는 유용 활엽수종인 다릅나무 임분의 입지 환경과 해발고에 따른 생장 특성을 알아보는 것이다.

재료 및 방법

1. 조사지 선정

본 연구는 강원도 평창군 중왕산 지역(북위 37° 27'~30', 동경 128° 30'~33')에서 다릅나무가 우점한 임분을 대상으로 수행됐다(Table 1). 이 지역의 기후대는 온대 중부 및 북부에 속하며(Yim, 1977), 해발 1,050~1,200 m 지역 내에 설치된 3대의 무인기상관측장치의 기상 자료를 보면 연평균 기온 7.1°C, 연평균 강수량 1,900 mm이고(권기철, 2006), 북사면에서 연평균 상대습도가 73.1%로 매우 높은 편이다(이돈구 등, 1999).

연구대상지의 산림 식생은 해발 550 m부터 1,500 m에 이르기까지 수직적 식생 분포 패턴이 잘 나타나 있으며, 약 79종의 다양한 수종 구성을 보이고 있다(이돈구 등, 1993). 중왕산 지역의 주요 상층 수목은 전 지역에 걸쳐 신갈나무(*Quercus mongolica*)가 우점하고 있는 가운데, 능선부와 사면부에서는 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 고로쇠나무(*Acer pictum* subsp. *mono*), 다릅나무(*Maackia amurensis*), 피나무(*Tilia amurensis*) 등, 계곡부에서는 고로쇠나무, 난티나무(*Ulmus laciniata*), 복장나무(*Acer mandshuricum*) 등이 자라고 있다(엄태원과 이돈구, 2006).

2. 다릅나무 임분의 입지 환경 및 임분 구조

다릅나무 임분의 입지 환경과 생장 특성을 알아보기 위

Table 1. The characteristics of the study sites where *Maackia amurensis* grows at Mt. Joongwng.

Plot No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Altitude (m)	920	1020	1010	1050	1080	1170	1160	790	820	945	840	1010	980	1000
Topography	ridge	ridge	ridge	slope	ridge	ridge	ridge	ridge	valley	ridge	slope	slope	valley	valley
Aspect	SW80	NW80	NW50	NW60	NW60	SE30	NW10	NE68	N	N	NW30	NE60	NW20	NE15
Slope (°)	19	31	14	18	17	24	22	42	20	20	31	28	28	31
Depth of A layer (cm)	19.7	-	23.7	15.3	16.7	20.7	-	17.0	27.5	-	23.7	16.7	-	22.7
Plot No.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Altitude (m)	1100	1060	1010	1050	1050	825	1050	1050	900	1050	980	1025	975	975
Topography	ridge	ridge	valley	ridge	valley	slope	slope	ridge	ridge	ridge	ridge	ridge	ridge	slope
Aspect	NE15	NW30	N	SE80	NE80	NE25	SE30	NE55	NE30	NE60	NE60	NE30	N	SW60
Slope (°)	17	22	27	15	25	15	35	25	15	20	38	20	25	40
Depth of A layer (cm)	17.7	13.0	24.7	21.3	30.0	23.0	46.3	20.7	16.3	18.3	24.3	15.3	21.3	18.5

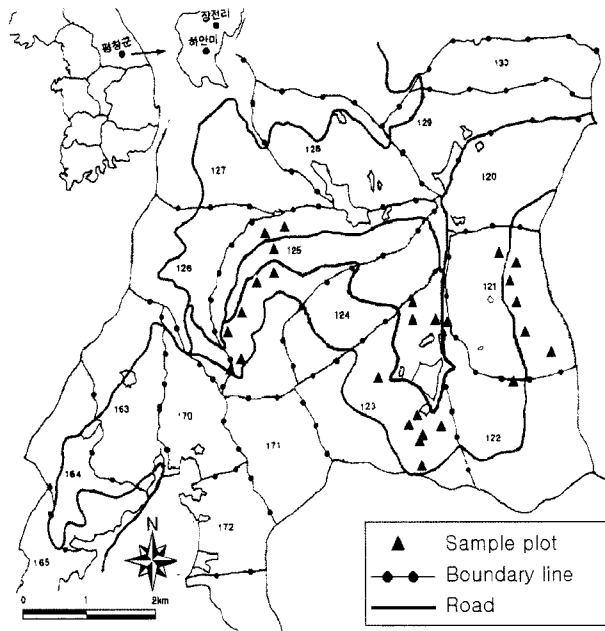


Figure 1. Location of sample plots in Mt. Joongwang.

해 다릅나무가 우점하고 있는 임분을 대상으로 30 m × 30 m 크기의 조사구를 28곳 설정했다(Figure 1). 각 조사구 내에 출현한 흉고직경 2 cm 이상의 목본식물에 대해 수종, 흉고직경, 수고를 측정했다. 하층식생은 각 조사구마다 2 m × 2 m 크기의 방형구를 3곳 설치해 전체 피도 및 각 출현종의 상대피도를 기록했다.

환경 조건으로는 조사구의 해발고, 사면 방위, 평균 경사도, 지형(능선, 사면, 계곡), 토양 특성 등을 조사했다. 토양 특성을 조사하기 위해 각 조사구별로 임의의 3곳에서 토양을 채취했으며, 이 때 A층 토양의 깊이를 측정한다 다음 토색을 기준으로 A층과 B층 토양을 분리해 실험실로 운반했다. 토양 표본은 다시 2 mm 표준체로 걸러내어 수분함량, pH, 전질소함량, 유기물함량을 분석했다. 수분함량은 건조기에서 105°C로 24시간 건조시켜 감소된 무게로 측정했으며, pH는 토양 시료와 H₂O 및 CaCl₂를 각각 1:2.5의 비율로 혼합해 분석했다. 전질소함량은 Kjeldahl 방법을 이용했고, 유기물함량은 전기로에서 450°C로 12시간 태워서 측정했다. 낙엽낙지량은 각 조사구마다 3개씩 방형구(30 cm × 30 cm)를 설치해 지표 위의 유기물을 채취한 후 70°C에서 항량에 이를 때까지 건조시켜 무게를 측정했다.

한편, 다릅나무가 출현한 임분의 구조를 파악하기 위해

Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 상대밀도, 상대빈도, 상대피도와 중요치를 계산했으며, 여기서 상대피도는 흉고단면적을 기준했다. 또한 다릅나무림의 군집 분류와 환경 구배를 분석하기 위해 Hill(1979)의 TWINSpan (Two-way Indicator Species Analysis)과 DCCA (Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 사용했으며, 여기서 cut level은 0%, 1%, 3%, 6%, 12%, 25%로 설정했다. 분석은 Ter Braak(1987)이 개발한 CANOCO 프로그램을 사용했다.

3. 해발고에 따른 다릅나무의 성장량

연구대상지내 다릅나무의 성장 비교를 위해 해발고 840~1,170 m 사이에서 약 80~100 m 간격으로 있는 5곳의 조사구에서 평균목을 각 2그룹씩 총 10그룹 선택해 수간석해했다. 수간석해를 실시한 조사구는 11번(68년생과 66년생, 840 m), 1번(36년생과 33년생, 920 m), 2번(34년생과 33년생, 1,020 m), 5번(51년생과 49년생, 1,080 m), 6번(56년생과 42년생, 1,170 m)으로서 주로 능선에 분포하고 있었다(Table 1 참조).

결과 및 고찰

1. 다릅나무 임분의 입지 환경과 구조

다릅나무 임분이 분포하고 있는 입지 환경을 Table 1에 나타냈으며, 중왕산 지역에서 다릅나무는 해발고 790~1,170 m에서 북향의 능선 사면에 주로 분포하고 있었다. A층 깊이는 13~30 cm이고, 일부는 전석지였다. 전석지(조사구 2, 7, 10, 13)를 제외한 24곳 다릅나무 조사구의 토양 특성을 Table 2에 요약했다.

다릅나무 임분 조사구내 A, B층의 토양 수분은 평균 35.6%와 34.4%로서 변이가 심하게 나타났으며, 층층나무림(A층 37.2%, B층 33.2%)이나 고로쇠나무림(A층 38.8%, B층 36.6%)보다 낮은 반면 거제수나무림(A층 33.0%, B층 28.5%)보다 높았다. 토양 pH는 평균 5.2로 A층과 B층이 비슷한 값을 보였는데, 층층나무림(A층 pH 5.04, B층 pH 4.60)보다 높고 거제수나무림(A층 pH 5.43, B층 pH 5.38)보다 낮았다. 잠재적 pH값을 나타내는 CaCl₂로 측정했을 경우 A층과 B층에서 평균 pH 4.3과 pH 4.4로 나타났다. 전질소 함량은 A층 토양은 0.3%(0.2-0.5%), B층 토양은 0.2%(0.1-0.3%)로서, 층층나무림(A층 0.41-0.91%, B층 0.2-

Table 2. The soil characteristics in the study sites (mean ± SD).

A layer					B layer				
Moisture (%)	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Total N (%)	Organic matter (%)	Moisture (%)	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Total N (%)	Organic matter (%)
35.58 ± 6.02	5.18 ± 0.31	4.27 ± 0.21	0.33 ± 0.06	10.56 ± 2.16	34.39 ± 5.32	5.23 ± 0.31	4.39 ± 0.14	0.20 ± 0.05	6.00 ± 1.70

Table 3. Relative density (RD), relative frequency (RF), relative coverage (RC), and importance value (IV) of *Maackia amurensis* stands.

Species	RD	RF	RC	IV
<i>Quercus mongolica</i>	12.81	7.02	30.03	49.85
<i>Maackia amurensis</i>	18.69	7.02	21.69	47.39
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	8.73	6.02	8.77	23.51
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	10.30	5.76	3.86	19.92
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	7.90	6.02	5.00	18.91
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	5.81	5.76	4.68	16.25
<i>Tilia amurensis</i>	3.33	4.26	3.17	10.76
<i>Morus bombycis</i> var. <i>bombycis</i>	3.52	5.26	1.07	9.86
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>heterophylla</i>	2.55	5.01	0.13	7.69
<i>Betula davurica</i>	0.82	1.25	4.48	6.55
<i>Phellodendron amurense</i>	0.75	3.51	0.89	5.15
<i>Pinus koraiensis</i>	2.81	1.00	1.25	5.06
<i>Betula costata</i>	0.79	2.26	1.87	4.91
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.95	2.76	0.09	4.80
<i>Populus davidiana</i>	0.75	2.51	1.43	4.68
<i>Magnolia sieboldii</i>	1.69	2.26	0.37	4.31
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	2.81	1.25	0.20	4.26
<i>Cornus controversa</i>	0.97	2.01	1.12	4.10
<i>Pinus densiflora</i>	0.41	1.25	2.38	4.05
<i>Carpinus cordata</i>	1.46	1.75	0.81	4.03
<i>Euonymus sachalinensis</i>	1.31	2.51	0.08	3.89
<i>Syrax obassia</i>	2.43	1.00	0.32	3.76
<i>Abies holophylla</i>	0.52	1.75	1.20	3.48
<i>Lindera obtusiloba</i> var. <i>obtusiloba</i>	1.01	2.26	0.06	3.33
<i>Kalopanax septemlobus</i>	0.49	1.75	0.83	3.08

0.47%)이나 거제수나무림(A층 0.5%, B층 0.3%)보다 낮았다(이돈구 등, 1997; 엄태원과 이돈구, 2001; 이돈구 등, 2004).

다릅나무가 출현한 임분의 상대밀도, 상대빈도, 상대피도 및 중요치를 계산한 결과를 Table 3에 나타냈다. 다릅나무가 자라는 모든 임분에서 신갈나무가 상층과 중층 모두 우점했으며, 물푸레나무는 중층을 주로 이루었다. 고로쇠나무, 느릅나무, 피나무는 중층과 관목층에서 다수 나타났으며, 당단풍나무와 산뽕나무는 주로 관목층에 나타났다. 물박달나무와 소나무는 상대빈도가 1.25%로 낮아 부분적인 군집상을 보이고 있으며, 상대밀도가 1% 미만에 불과한 반면 상대피도는 4% 이상이어서 대경목으로서 소수 분포하는 것으로 나타났다.

관목층 및 하층에는 노린재, 함박꽃나무, 철쭉, 개암나무, 쪽동백, 생강나무 등이 일부 나타났지만, 전체적으로는 조릿대가 하층에 밀생해 자라고 있었다. 그 외 초본으로는 오리방풀, 금강제비꽃, 노랑제비꽃, 우산나물, 큰쪽두서니, 천남성, 두루미천남성, 풀솜대, 열레지, 큰괭이밥, 동자꽃, 벌깨덩굴, 큰개별꽃, 승마, 용둥굴레, 췌기풀, 넓은잎외의잎, 물봉선, 단풍마, 등골나물, 짙신나물, 말나리, 짙신나물, 더덕, 노루귀, 대사초, 죽도리풀, 곰취, 단풍취, 봄구슬봉이, 관중, 십자고사리 등이 출현했다.

중왕산 지역 다릅나무림은 TWINSpan에 의해 전체적으로 다릅나무와 신갈나무가 우점하고 있는 가운데 물푸레나무, 느릅나무, 사시나무, 소나무 등이 우점하고 있는 건조형과 고로쇠나무와 당단풍나무가 우점하고 있는 습윤형으로 구분됐으며, 건조형 군락은 다시 다릅나무-사시나무 군락과 다릅나무-느릅나무 군락으로, 습윤형 군락은 다릅나무-피나무 군락과 다릅나무-쪽동백나무 군락으로 나뉘었다(Figure 2, 3). Table 4는 각 군락별 직경급 분포를 요약한 것이며, 환경 구배에 따른 각 군락의 분포 양상을 알아보기 위한 DCCA ordination 결과를 Figure 3에 나타냈다.

다릅나무-사시나무 군락(군락 I)은 주로 능선부에 분포하고 있었으며, 다릅나무, 신갈나무, 물푸레나무, 소나무, 사시나무 등이 우점하고 있었다. 하층식생으로는 두루미천남성, 풀솜대, 오리방풀, 등골나물, 짙신나물, 단풍마, 승마, 천남성, 말나리, 더덕, 넓은잎외의잎, 관중, 노루오줌, 용둥굴레 등이 나타났다. 군락 I에서 흉고직경 2 cm 이상의 ha당 본수는 전체 1,203본, 다릅나무 410본이었다. 흉고직경 40 cm 이상의 임목이 약간 있으나, 다릅나무는 흉고직경 30 cm 미만으로만 분포하고 있었다. 흉고직경 11~20 cm 사이의 임목에서 다릅나무가 차지하는 비율이 가장 높았고(49%), 10 cm 미만에서도 32%나 되어 능선부

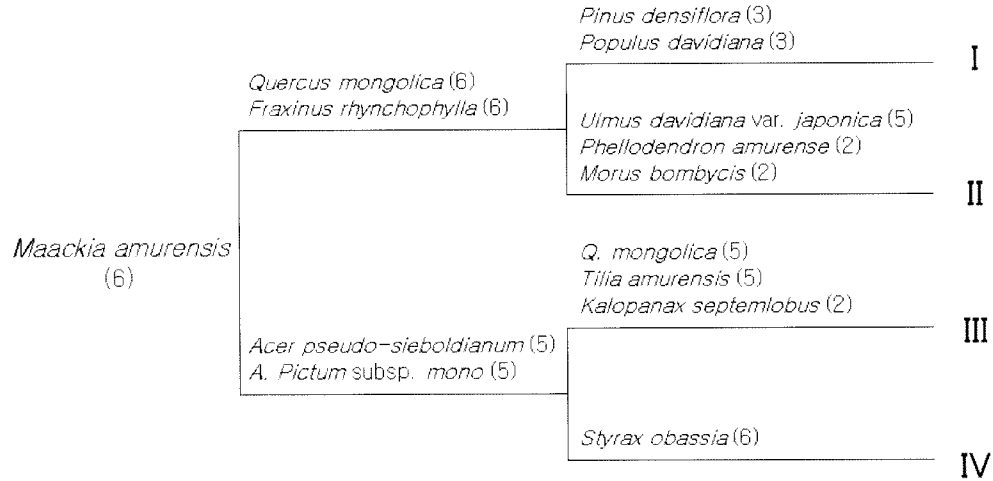


Figure 2. The pathway of sub-division into groupings of *M. amurensis* stand using TWINSpan.

- I : *Maackia amurensis*-*Populus davidiana* community
- II : *Maackia amurensis*-*Ulmus davidiana* var. *japonica* community
- III : *Maackia amurensis*-*Tilia amurensis* community
- IV : *Maackia amurensis*-*Styrax obassia* community

*The value in parenthesis indicate the cut level (6; more than 25% of synthetic value, 5; 12 to 25%, 3; 3 to 6%, 2; 1 to 3%).

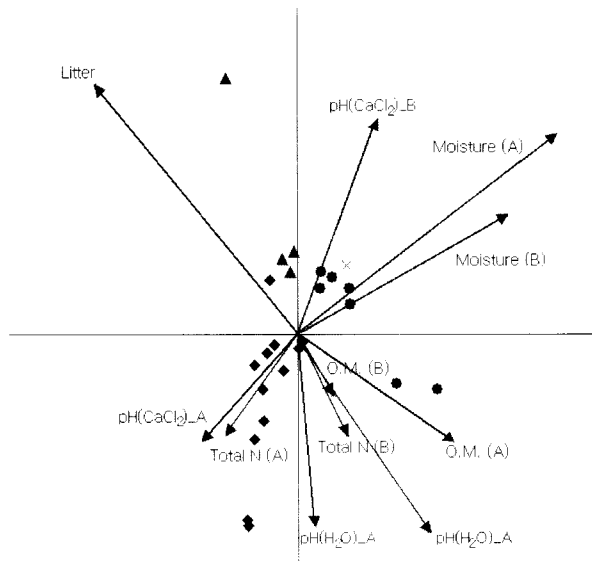


Figure 3. DCCA ordination diagram with plots and environmental variables (arrow).

(a) ▲ *M. amurensis*-*P. davidiana* community, ◆ *M. amurensis*-*U. davidiana* var. *japonica* community, × *M. amurensis*-*T. amurensis* community, ● *M. amurensis*-*S. obassia* community

에서 다릅나무림은 당분간 계속 유지될 것으로 예측된다. Figure 3에서 군락 I의 낙엽낙지량은 다소 많은 반면, 토양 pH가 낮고 토양 수분과 유기물 함량이 적은 것으로 나타났다.

다릅나무-느릅나무 군락(군락 II)은 주로 능선부와 사면부에 분포하며, 다릅나무, 신갈나무, 물푸레나무, 느릅나무 등이 우점하고 있고 산팽나무와 황벽나무도 다수 출현했다. 하층식생으로는 오리방풀, 노랑제비꽃, 금강제비꽃, 큰팽이밥, 우산나물, 큰꼭두서니, 천남성, 얼레지, 동자꽃,

별개덩굴, 큰개별꽃, 승마, 용둥굴레, 췌기풀, 넓은잎의잎쭉, 물봉선, 단풍마, 바디나물, 말나리, 두루미천남성, 풀솜대 등이 있었다. 흉고직경 2 cm 이상의 임분밀도는 전체 1,901본/ha, 다릅나무 468본/ha로서 다릅나무-사시나무 군락보다 높았다. 다릅나무-느릅나무 군락은 흉고직경 11~20 cm 사이의 임목에서 다릅나무가 차지하는 비율이 가장 높았으나(41%), 흉고직경 10 cm 미만에서는 비중(18%)이 다소 떨어지고 있었다. 군락 II의 입지 환경은 A층의 전질소함량이 많고 토양 pH가 높은 편이지만 건조한 지역으로 나타났다.

다릅나무-피나무 군락(군락 III)은 주로 사면부와 계곡부에 분포하며, 다릅나무, 당단풍나무, 고로쇠나무, 신갈나무, 피나무 등이 주로 출현했고 음나무도 다수 나타났다. 하층식생은 관중, 십자고사리, 노루귀, 오리방풀, 췌의다리야재비, 대사초, 죽도리풀, 금강제비꽃, 곰취, 봄구슬봉이, 천남성, 물통이 등이 나타났으나, 전체적으로 초본류가 적었다. 흉고직경 2 cm 이상의 임분밀도는 전체 1,988본/ha, 다릅나무 312본/ha로서 다릅나무-사시나무 군락과 다릅나무-느릅나무 군락과 비교해 전체 임분밀도는 높았으나, 다릅나무의 밀도는 낮았다. 이것은 흉고직경 10 cm 이하에서 전체 활엽수종이 1,511본/ha로 매우 많은 반면 다릅나무는 333본/ha로 비교적 적었기 때문이다. 흉고직경 11~30 cm 사이에서 다릅나무가 차지하는 비중(57~75%)이 매우 높기 때문에 앞으로 임분이 발달함에 따라 다릅나무도 대경급으로 많이 자랄 것으로 예상되지만, 다릅나무 유령목은 4% 정도로 매우 적어서 장기적으로 천이의 진행에 따라 점차 쇠퇴할 가능성이 높다. 군락 III의 입지 환경은 A층과 B층에서 토양 수분이 많은 반면 전질소함

Table 4. Distribution (trees/ha) of DBH by community type.

Community type	DBH class (cm)											
	2 - 10		11 - 20		21 - 30		31 - 40		41 - 50		>50	
	Total	MA*	Total	MA	Total	MA	Total	MA	Total	MA	Total	MA
I	686	219 (32)	356	175 (49)	137	16 (12)	16	0 (0)	3	0 (0)	5	0 (0)
II	1,171	213 (18)	588	243 (41)	113	12 (11)	22	0 (0)	7	0 (0)	0	0 (-)
III	1,511	56 (4)	333	189 (57)	89	67 (75)	44	0 (0)	11	0 (0)	0	0 (-)
IV	1,919	121 (6)	368	97 (26)	111	22 (20)	35	4 (11)	18	1 (6)	10	0 (0)

*MA; *Maackia amurensis*

**The value in parenthesis indicate the percentage of the number of *M. amurensis* to the number of total by each DBH class.

량은 적은 것으로 나타났다.

다릅나무-쪽동백나무 군락(군락 IV)은 사면부에 분포하며, 다릅나무, 당단풍나무, 고로쇠나무, 쪽동백 등이 우점했다. 하층식생은 천남성, 오리방풀, 단풍마, 물봉선 등이 나타났으며, 초본류가 적었다. 흉고직경 2 cm 이상의 임분밀도는 전체 2,461본/ha으로 다른 군락에 비해 가장 높았으나, 다릅나무는 245본/ha로서 가장 낮았다. 다릅나무-쪽동백나무 군락에서는 흉고직경 40 cm 이상의 대경급이 다른 군락보다 비교적 많이 있었으며, 다릅나무도 대경급으로 상당수 자라고 있었다(Table 4). 반면 흉고직경 10 cm 미만에서 다릅나무의 비율은 6% 정도로 다른 직경급에 비해 매우 낮아서 점차 쇠퇴해갈 것으로 예상된다. 이 군락의 입지 환경은 A층과 B층의 토양 수분과 유기물 함량이 많고 토양 pH가 높은 것으로 나타났다. 군락 IV의 조사구에서 다릅나무 고사목이 다수 발견됐는데, 이는 다릅나무의 개엽 시기가 다른 수종보다 1개월 가량 늦어 광경쟁에서 도태됐거나, 성목에서 나타나는 수피의 터짐 현상으로 인해 근주나 줄기 중간 부분이 부패되어 성장하지 못하고 고사됐기 때문으로 판단된다.

2. 해발고에 따른 다릅나무의 성장량

다릅나무의 수형은 층층나무와 마찬가지로 역삼각형에 가까운 형태를 취하고 있다(엄태원과 이돈구, 2001). 같은 지역에서 조사된 층층나무의 수령(43-65년)과 비슷한 수령을 보이나 고로쇠나무의 수령(92-227년)에 비해서는 매우 낮아 고란 이후 아직 완숙단계에 들어가지 않은 임분으로 판단된다(이돈구 등, 1997).

본 연구에서 다릅나무는 10년경까지 연간 수고 성장량이 급격한 증가를 보여 어떤 해는 최고 0.6 m에 가까운 값을 나타냈으나 이후 점차 감소했다. 이는 층층나무와 거제수나무가 10년에서 20년 사이에 최고 0.5 m와 0.45 m에 가까운 연간 수고 성장량을 보인 것과 비슷한 반면, 연평

군 0.15 m 정도로 지속적인 수고 성장을 보인 고로쇠나무와는 다르다(이돈구 등, 1997; 엄태원과 이돈구, 2001; 이돈구 등, 2004).

다릅나무의 재적 성장량은 해발고에 따라 차이가 나타났다. 해발 920 m와 1,020 m 조사구의 다릅나무는 연간 재적 성장량이 30년이 가까워 오면서 점차 감소한 반면, 해발 1,080 m 조사구의 다릅나무는 수령 50년경에 연간 재적 성장량이 감소했다. 또한 해발 1,170 m에 생육하는 다릅나무는 40년 이후에도 계속적인 증가를 보이고 있다. 이것은 초기에 빠른 성장을 보이는 천이 초기 수종인 층층나무와 거제수나무 등과 비슷한 성장전략이지만, 천이가 진행되고 임분이 안정된 상태로 진행된 후 나타나는 고로쇠나무와는 전혀 다르다.

해발 840 m에 생육하는 68년생 다릅나무는 수령 13년 경까지 0.6 m 정도의 좋은 연간 수고 성장량을 보이다가 이후 급격히 감소해 53년경까지 지속적인 감소를 나타냈다. 그러나 수고 성장에 비해 연간 재적 성장량은 꾸준한 증가를 보이고 있으며, 53년 이후 감소하다가 63년 이후 다시 증가했다. 수령 30년에서 재적이 0.209 m³를 나타내어 해발 920 m, 1,020 m 및 1,080 m의 다릅나무(30년에서 각각 0.001 m³, 0.001 m³, 0.006 m³)에 비해 높은 재적 성장량을 보였다(Figure 4 a, b). 66년생 다릅나무는 연간 수고 성장량의 변이가 매우 심했는데, 56년 이후 연간 수고 성장량이 증가한 이유는 성장을 억압하던 인자가 없어졌기 때문으로 생각된다. 그에 비해 연간 재적 성장량은 62년까지 꾸준한 증가를 보였으며, 최근 4년 내에 빠른 증가를 나타냈다. 또한 수령 30년에서 0.075 m³의 재적을 보여 성장 잠재력이 매우 높음을 알 수 있었다. 총평균 재적 성장량과 연간 재적 성장량을 볼 때, 60년 이후에도 수확이 가능할 것으로 판단된다(Figure 4 c, d).

해발 920 m에 생육하는 다릅나무의 경우 초기 5년에서 10년 사이에 연간 수고 성장량은 0.39 m와 0.50 m로 수고

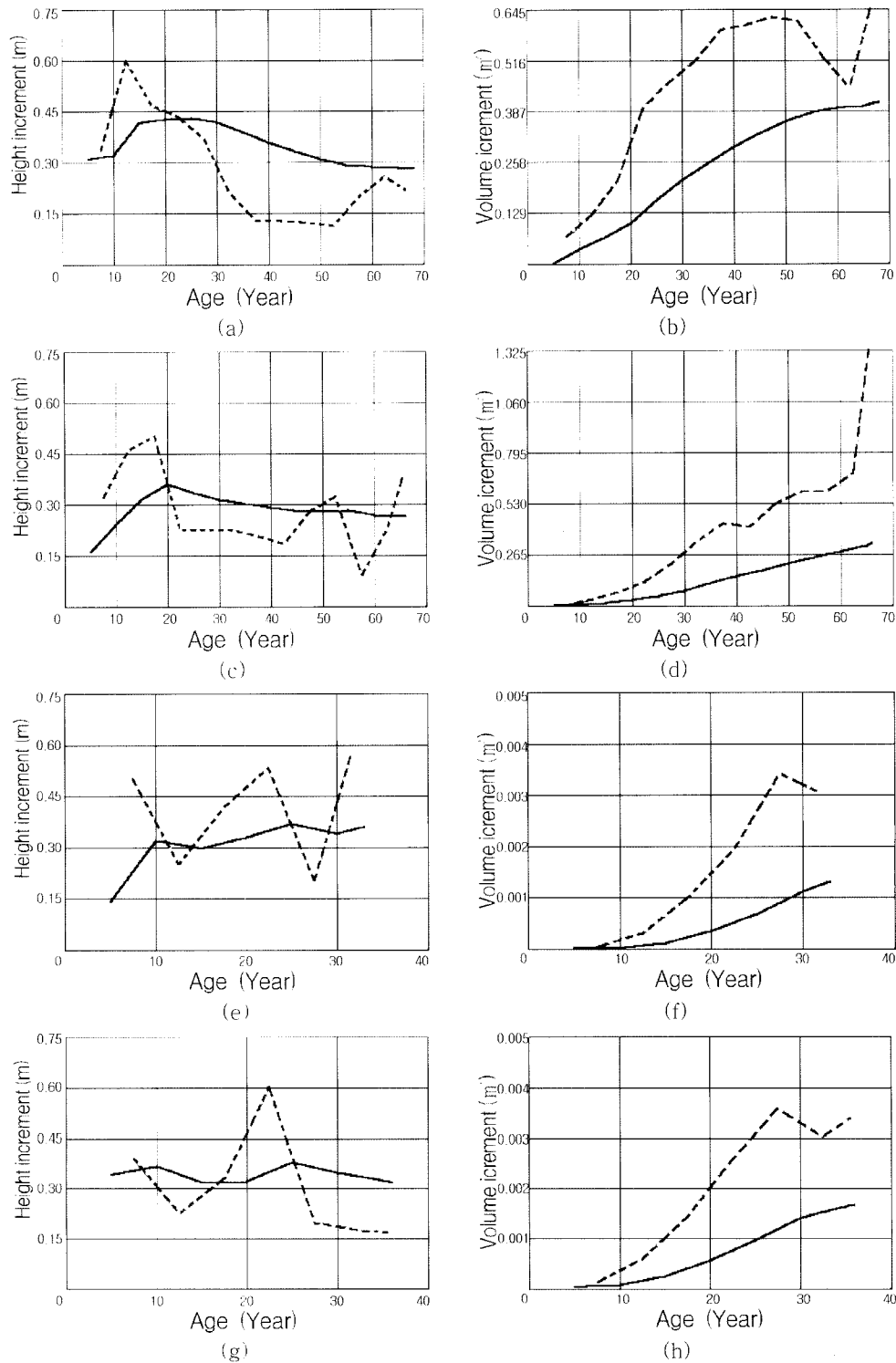


Figure 4. Height and volume increment of *M. amurensis* by altitude.

- (a, b) 68-year-old tree grown at 840 m from the sea level
- (c, d) 66-year-old tree grown at 840 m from the sea level
- (e, f) 33-year-old tree grown at 920 m from the sea level
- (g, h) 36-year-old tree grown at 920m from the sea level

— MAI (Mean annual increment)
 - - - Annual increment

생장률은 14.6%와 25.6%를 보였다. 수령 14년까지 감소 하던 연간 수고 성장량이 23년까지 증가하고 있는데, 임 관의 열립과 같은 생육 환경에 변화가 있었던 것으로 보 인다. 10년 이후 4% 미만의 낮은 수고 성장률은 30년 이

후에는 0.5% 미만으로 더욱 줄었다. 30년생에서 총평균 재적 성장량은 0.0014 m³과 0.0011 m³을 보였다. 초기 5~10년 사이의 재적 성장률은 29.4%와 25.9%로 높은 반 면 10년 이후부터 감소해 20년 이후 5% 미만의 재적 생

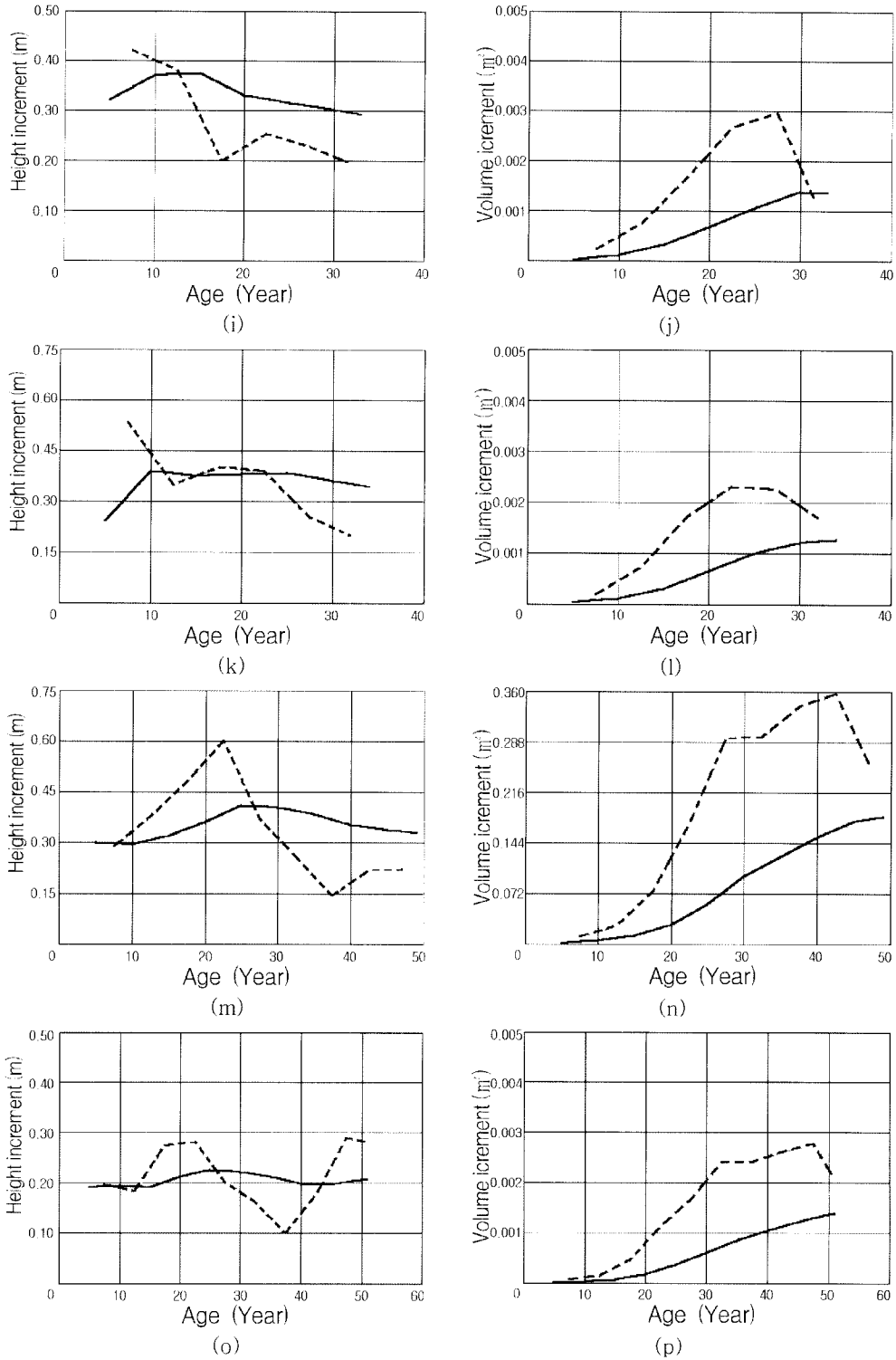


Figure 4-1. Height and volume increment of *M. amurensis* by altitude.

(i, j) 33-year-old tree grown at 1,020 m from the sea level
 (k, l) 34-year-old tree grown at 1,020 m from the sea level
 (m, n) 49-year-old tree grown at 1,080m from the sea level
 (o, p) 51-year-old tree grown at 1,080m from the sea level

———— MAI (Mean annual increment)
 - - - - - Annual increment

장률을 나타냈다. 해발 920 m에 자라는 다릅나무는 총평균 재적 성장량과 연간 재적 성장량의 곡선이 아직 교차하지 않아 벌기령은 적어도 40년 이후가 될 것으로 보인다(Figure 4 e, f, g, h).

해발 1,020 m에 생육하는 다릅나무도 해발 920 m에 생육하는 다릅나무와 마찬가지로 초기 5년에서 10년 사이의 연간 수고 성장량이 0.53 m와 0.42 m로, 성장률은 21.1%와 15.9%를 나타냈으며, 10년 이후에는 성장률 5% 미만으로

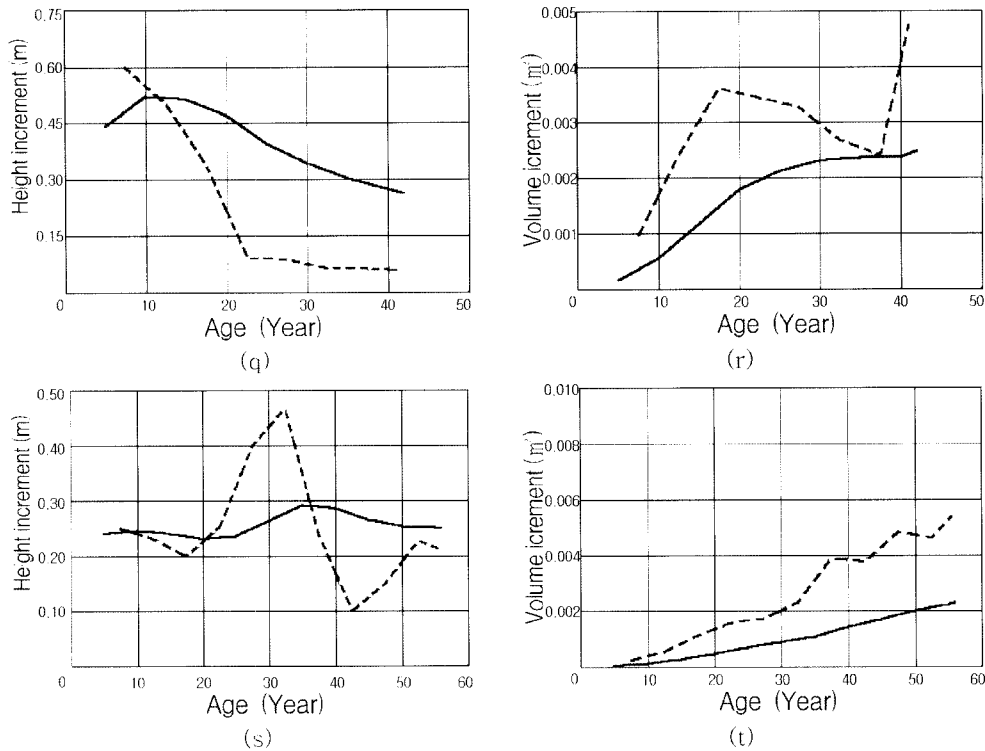


Figure 4-2. Height and volume increment of *M. amurensis* by altitude.

(q, r) 42-year-old tree grown at 1,170m from the sea level
 (s, t) 56-year-old tree grown at 1,170m from the sea level

———— MAI (Mean annual increment)
 - - - - - Annual increment

수고 생장이 급격히 감소했다. 30년생일 때 총평균 재적 성장량은 0.0012 m³과 0.0014 m³로 해발 920 m에 생육하는 다릅나무와 비슷했다. 총평균 재적 성장량과 연간 재적 성장량의 곡선이 33년경 교차했으며, 다른 한 나무는 35~40년경에 교차할 것으로 예상되어 경제적 벌기령은 33~40년경이 될 것으로 생각된다(Figure 4 i, j, k, l).

해발 920 m와 1,020 m에 생육하는 다릅나무는 초기 생장이 상당히 빨랐으나 10년 이후 연간 수고 성장량이 감소했다. 선구 수종인 거제수나무가 20년을 전후해서 정기평균 수고 성장량과 총평균 성장량 곡선이 만난 후 점차 수고 생장이 감소했던 결과(이돈구 등, 2004)와 비교하면, 해발 920 m의 다릅나무는 이와 유사했지만 해발 1,020 m의 다릅나무는 수고 생장의 감소 시기(12년)가 더 빨랐다. 이와 같이 고지대 임목의 연간 수고 성장량이 일찍 감소되는 경향은 고지대에서 수고 생장이 억제된다는 다른 연구 결과와 유사하다(Bella 등, 1971; Runkle, 1982; Kimmins, 1997).

해발 1,080 m에 생육하는 51년생 다릅나무는 연간 수고 성장량의 변이가 매우 심해 17년까지 0.19 m 정도의 성장을 보이다가 23년 이후 37년까지 급격히 감소했는데, 이때는 피압되었던 것으로 보인다. 연간 재적 성장량은 꾸준한 증가를 보이다가 48년 이후 급격하게 감소됐는데, 30년생일 때 0.006 m³을 나타내어 해발 920 m와 1,020 m에 자라는 다릅나무(30년일 때 0.001 m³)보다 높은 재적 성장량을 나

타냈다(Figure 4 m, n). 같은 고도의 49년생 다릅나무는 수령 23년 이후 연간 수고 성장량이 계속 감소하다가 38년부터 다시 증가했는데, 주변목의 고사로 경쟁이 완화되면서 재유령화(rejuvenile)를 보인 것으로 생각된다. 유사한 예로 Kubota와 Hara(1995)와 Tilman(1986) 등은 Red fir의 경우 수령 200년 이상에서도 재유령화를 보였다고 보고한 바 있다. 총평균 재적 성장량을 보면 28년까지 급격히 증가한 후 20년간 완만한 증가세를 보이다 감소했다. 따라서 해발 1,080 m에서 자라는 49년생 다릅나무의 경제적 벌기령은 50년 이상인 것으로 판단된다(Figure 4 o, p).

해발 1,170 m에 생육하는 56년생 다릅나무는 초기에 연간 수고 성장량의 변동폭이 크고, 33년 이후 급격한 감소를 보이다가 43년 이후 다시 증가했다. 또한 연간 재적 성장량이 지속적으로 증가하고 있어 60년 이후 수확해야 할 것으로 보인다(Figure 4 q, r). 42년생 다릅나무의 연간 수고 성장량은 초기 0.6m에서 계속 감소해 20년 이후 0.1 m 이하의 저조한 성장을 보였다. 그러나 연간 재적 성장량은 18년경까지 0.003 m³ 정도로 지속적인 증가를 보인 후 감소했고, 37년경부터 다시 0.004 m³의 높은 연간 재적 성장량을 나타냈다(Figure 4 s, t).

결론

강원도 평창군 중왕산 지역에서 다릅나무 임분은 해발

790~1,170 m 사이에서 북향의 능선과 사면에서 주로 출현했다. 다릅나무의 입지는 같은 지역의 다른 임분에 비해 A층 깊이가 평균 21.2 cm로 비교적 깊었고, A층 수분 함량은 35.6%로 높은 편이며, 토양 비옥도가 낮은 지역이었다. 다릅나무와 함께 중요치가 높은 수종은 신갈나무, 물푸레나무, 당단풍나무, 고로쇠나무, 느릅나무, 피나무 등이었으며, TWINSpan에 의해 다릅나무-사시나무 군락, 다릅나무-느릅나무 군락(이상 건조형), 다릅나무-피나무 군락, 다릅나무-쪽동백나무 군락(이상 습윤형)으로 나뉘었다. 군락 유형별 ha당 개체수는 습윤형 군락이 건조형 군락보다 많았는데, 흉고직경 10 cm 이하의 임목들이 더 많았기 때문이다. 군락 유형별로 흉고직경급 분석을 한 결과 건조형(능선부와 사면부)에서는 다릅나무가 앞으로 일정 시기까지는 계속 유지할 수 있는 반면, 습윤형(계곡부와 사면부)에서는 점차 쇠퇴해갈 것으로 예상됐다.

한편, 다릅나무의 연간 수고 성장량은 초기 10년까지 급격한 증가를 보이다가 점차 감소했으며, 초기 수고 생장이 빨라 초기 침입수종의 전형적인 성장전략을 보여줬다. 또한 다릅나무의 연간 수고 성장량은 일정한 경향을 보이지 않았지만, 40년생 이상에서도 주변목의 고사로 경쟁이 완화되면 수고 및 재적 성장량이 크게 증가하는 특성을 보였다. 중왕산 지역 다릅나무는 해발 840 m와 1,170 m에서 연간 재적 성장량이 50년생 이후에도 계속적으로 높은 증가를 보여준 반면, 다른 해발고(920 m, 1,020 m, 1,080 m)에서 총평균 재적 성장량과 연간 재적 성장량이 교차하는 수령은 40~50년 사이로 나타났다. 따라서 중왕산 지역 천연림 내에서 다릅나무의 경제적 벌기령은 입지에 따라 차이는 있으나 대체적으로 50년 내외인 것으로 판단된다.

인용문헌

- 권기철. 2006. 신갈나무림의 바이오매스, 탄소 고정량 및 에너지 고정 효율 -위도, 해발고, 사면을 중심으로. 서울대학교 농학박사학위논문. 126pp.
- 엄태원, 이돈구. 2001. 강원도 평창군 가리왕산 및 중왕산 지역 층층나무의 입지 및 성장 특성. 한국임학회지 90(3): 363-372.
- 엄태원, 이돈구. 2006. 강원도 중왕산 지역의 지형 특성에 따른 주요 활엽수종의 분포(I). 한국임학회지 95(1): 91-101.
- 이돈구, 고영우, 윤종화, 권기원, 마상규, 김갑태, 김지홍, 김수인, 황재우, 신만용, 서민환, 주광영, 조재창, 김영수, 배상원, 함영철, 유형진, 권기현, 차동호, 최민일. 1993. 최적 환경 요인 및 입지 구명 연구. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(IV). 산림청. 262pp.
- 이돈구, 김영수, 김영환, 엄태원, 강호상, 여운상, 박영대. 1997. 최적 환경 요인 및 입지 구명 연구. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(VIII). 산림청. p. 97-137.
- 이돈구, 엄태원, 천정화. 2004. 강원도 평창군 중왕산 지역 거제수나무의 입지 및 성장 특성. 한국임학회지 93(1): 86-94.
- 이돈구, 엄태원, 천정화, 권기철, 최성호, 이용권. 1999. 최적 환경 요인 및 입지 구명 연구. 국유림 경영 현대화 산학 협동 실연 연구(X). 산림청. p. 83-155.
- Bella, A.R., S. Catalano, L. Pistelli, and I. Morelli. 1993. Flavonoids from *Pyracantha coccinea* roots, Phytochemistry 33(6): 1449-1452.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology 31: 434-455.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
- Host, G.E., K.S. Pregitzer, C.W. Ramm and J.B. Hart. 1987. Landform-Mediated Differences in Successional Pathways Among Upland Forest Ecosystem in Northwestern Lower Michigan. Forest Science 33: 445-447.
- Kimmins, J.P. 1997. Forest Ecology (2nd ed.). Prentice Hall. New Jersey. 596 pp.
- Kubota, Y. and T. Hara. 1995. Tree competition and species coexistence in a sub-boreal forest, Northern Japan. Ann. Bot. 76: 503-512.
- Oliver, C.D. and B.C. Larson. 1996. Forest Stand Dynamics. McGraw-Hill, Inc. New York. 520pp.
- Rowe, J.S. 1984. Forestland classification: Limitations of the use of vegetation. Pages 276 in J. Bockheim (ed). Forestland Classification: Experiences Problems Perspectives. Proc. Symp. Univ. of Wisconsin.
- Runkle, J.R. 1982. Pattern of disturbance in some old-growth mesic forest of eastern North America. Ecol. 63: 1533-1546.
- Spurr, S.H. and B.V. Barnes. 1980. Forest Ecology, 3rd ed. John Wiley. New York. 687pp.
- Ter Braak, C.J.F. 1987. CANOCO A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principle components analysis and redundancy analysis (version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands. 95pp.
- Tilman, D. 1986. Resource, Competition and the Dynamics of Plant Communities. Pages 51-76 in M.J. Cowley(ed). Plant Ecology. AP. N.Y.
- Yim, Y.J. 1977. Distribution of vegetation and climate in the Korean peninsula. Jap. J. Ecol. 27:177-189.